

# A Música Visual como alternativa aos modelos computacionais utilizados no controle da Síntese Granular em Tempo Real

Fernando Falci de Souza<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Artes – Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)  
Cidade Universitária Zeferino Vaz - Campinas – SP – Brasil

<sup>2</sup>Núcleo Interdisciplinar de Comunicação Sonora (NICS)  
Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

fernando\_ffs@yahoo.com.br

**Abstract.** *Granular Synthesis is a technique for synthesis, analysis and processing of sound well known for its use in electroacoustic music that frequently presents challenges for real time control. Many computer-based models were proposed as solutions, each of which with its own features. In this paper, we describe a possible alternative to the use of such models presenting Visual Music a high-level aesthetical model that not only gives the performer a visual feedback in real time but also adds significant value to the work of art.*

**Resumo.** *A Síntese Granular é uma técnica para a síntese, análise e processamento de som, bastante utilizada na composição de música eletroacústica, que frequentemente apresenta desafios para o controle em tempo real. Diversos modelos computacionais foram propostos como solução, cada qual com características particulares. Neste artigo descrevemos uma possível alternativa para o uso destes modelos na qual a Música Visual é utilizada como um modelo estético de alto nível que, além de fornecer ao performer um feedback visual em tempo real, também adiciona valor expressivo à obra de arte.*

## 1. Introdução

Neste artigo descrevemos o desenvolvimento de um conjunto de sistemas e o processo criativo de uma obra artística audiovisual na qual texturas complexas são obtidas a partir da organização de elementos simples denominados grãos de som e imagem. Paralela à nossa pesquisa está a área conhecida como Síntese Granular, que se trata de uma técnica para síntese de som, e no outro extremo está a área da Música Visual, que delimita uma prática artística audiovisual específica. Embora se tenha obtido muito progresso ao longo de décadas de pesquisa nestas duas áreas, os avanços tecnológicos atuais permitem novas formas de integração entre som e imagem, levantando novas questões e paradigmas. Estas modernas tecnologias requerem naturalmente novos modelos para organizar o conteúdo audiovisual, com novos desafios à criatividade humana.

Na Seção 2, apresentamos a Síntese Granular e as dificuldades que surgem no controle em tempo real de uma quantidade descomunal de parâmetros de grãos sonoros. Descrevemos brevemente algumas soluções encontradas ao longo de décadas de pesquisa nas quais modelos computacionais foram utilizados no controle de alto-nível (global) dos parâmetros da síntese sonora, cada qual com suas vantagens e desvantagens.

Apresentamos também a motivação que nos leva a propor a Música Visual como alternativa ao uso dos modelos computacionais e algumas pesquisas recentes que representam esforços nesta mesma direção. Em seguida, na Seção 3, descrevemos os experimentos iniciais que fizemos no decorrer do desenvolvimento dos sistemas “*Granular Streamer*” e “*Granular Drawer*” que implementam a Síntese Granular Audiovisual. Na Seção 4 apresentamos o modelo que denominamos Música Visual Granular e possíveis formas de correspondência entre grãos de som e grãos de imagem. Um estudo de caso foi realizado com a criação da obra “*Contrapontos*” que é descrita na Seção 5. Finalmente, na Seção 6 apresentamos nossas conclusões deste trabalho e algumas propostas de pesquisa futura.

### 1.1. Agradecimentos

Este artigo é parte de uma pesquisa de doutorado realizada com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), processo nº 2011/03713-2. As opiniões, hipóteses e conclusões ou recomendações expressas neste material são de responsabilidade do (s) autor (es) e não necessariamente refletem a visão da FAPESP.

## 2. O controle da Síntese Granular em tempo real

A Síntese Granular é uma técnica digital de composição fundamentada na Teoria do Quantum Acústico do físico Dennis Gabor. Gabor demonstrou que sons de qualquer complexidade e duração podem ser decompostos em células acústicas de conteúdo espectral simples (por exemplo, senóides com envoltórias gaussianas) e de duração da ordem de 10 a 200 ms [Gabor 1947]. Estas células, denominadas grãos de som, formam, na prática, uma base de representação para qualquer som no mesmo espírito da Série e da Transformada de Fourier ou ainda as chamadas *Wavelets*.

Logo após sua publicação, o trabalho de Gabor inspirou compositores a realizar o processo inverso, isto é, compor sons, timbres e texturas a partir da organização de grãos de som. Porém, devido ao seu enorme espaço de possibilidades sonoras e à grande quantidade de grãos de som que são necessários para a composição de um segmento apreciável de música, a pesquisa sobre o uso desta técnica é frequentemente voltada à busca por métodos e modelos que visam simplificar a tarefa de selecionar e organizar os tipos de grãos adequadamente, levando em consideração fatores como automatização, flexibilidade, a capacidade computacional e ainda o custo da tarefa (tempo de trabalho).

Historicamente, o compositor grego Iannis Xenakis foi o primeiro a utilizar o termo “*Microsom*” para fazer referência a objetos sonoros construídos a partir de grãos de som e, conseqüentemente, cujo controle é realizado no nível micro-temporal, como por exemplo, em sua peça “*Concrete P.H.*”, na qual pequenos recortes de uma fita magnética contendo uma gravação são reorganizados [Xenakis 1971], [Roads 2001]. Stockhausen também compôs peças de natureza granular como, por exemplo, em “*Kontakt*”, onde utiliza geradores de pulso analógicos para criar os grãos de som [Stockhausen 1957]. Em ambos os casos o processo de organizar foi extremamente trabalhoso, impondo fortes restrições na quantidade total de grãos e nas possibilidades sonoras, o que reforça o espírito pioneiro destes compositores.

A partir da década de 70, com o advento da tecnologia digital, a técnica da Síntese Granular tornou-se mais viável. Aqui podemos destacar as contribuições de Curtis Roads, que realizou inúmeros experimentos musicais com síntese granular criando uma vasta

taxonomia para classificar tanto os tipos de grãos como também sua forma de organização [Roads 2001], e de Barry Truax que, por meio do desenvolvimento de programas específicos para o “DMX-1000”, um processador de sinais digital, foi o primeiro a implementar a Síntese Granular em tempo real [Truax 1988].

Uma vez estabelecida a possibilidade de realizar a Síntese Granular em tempo real, durante os anos de 1990 a 2010, aproximadamente, a pesquisa na área foi direcionada à experimentação com modelos computacionais que permitissem que o usuário controlasse a síntese de uma grande quantidade de grãos de som através de um conjunto reduzido de parâmetros de alto nível. Neste sentido, DiScipio controlava os parâmetros de síntese através de Modelos Fractais, Sistemas Dinâmicos e Teoria do Caos [DiScipio 1990], Maia e Miranda utilizaram Conjuntos Fuzzy e Cadeias de Markov [Maia e Miranda 2005], a Teoria dos Grafos foi proposta como modelo de controle por Valle e Lombardo [Valle 2003]. Também experimentamos a aplicação de uma solução deste tipo em nossa pesquisa anterior com o desenvolvimento do sistema “EVOGrain” no qual um Algoritmo Genético controla em tempo real a evolução de uma população de grãos de som [Souza e Maia 2009].

## 2.1. Motivação

Embora a aplicação de modelos computacionais no controle da Síntese Granular tenha obtido resultados interessantes durante ao menos duas décadas, ao nosso ver, o uso de tais modelos, ao mesmo tempo em que simplifica e automatiza a seleção e organização dos grãos de som, implica também em duas desvantagens. Primeiramente, em sua maioria, os modelos restringem demasiadamente o espaço de possibilidades sonoras da Síntese Granular, chegando a um ponto em que a sonoridade resultante é tão particular do modelo que nos leva a questionar se este é que está servindo à criação musical ou se o que ocorre de fato é a sonificação do modelo.

Em segundo lugar, a indagação que fizemos no decorrer de nossa pesquisa é que, do ponto de vista de um usuário com formação musical tradicional, a Síntese Granular já apresenta alguns parâmetros de controle não usuais tais como, por exemplo, “densidade de grãos por segundo”, “largura de banda da distribuição dos grãos”, entre outros. O uso de um modelo computacional pode dificultar ainda mais a compreensão do sistema para este usuário caso sejam apresentados parâmetros de controle inerentes ao modelo, como ocorre no sistema “EVOGrain”, no qual são utilizados parâmetros como, por exemplo, “tamanho da população”, “velocidade de reprodução”, “taxa de evolução”, etc.

Sendo assim, partimos da hipótese que oferecer ao usuário um feedback visual em tempo real melhora a sua percepção sobre os processos sonoros em andamento e pode auxiliar no controle da Síntese Granular reduzindo a necessidade de automação na seleção dos grãos de som ao mesmo tempo em que impõe poucas restrições ao espaço sonoro tornando o processo de controle de parâmetros mais intuitivo.

## 2.2. Estado da Arte

Encontramos pesquisas recentes que contribuem para a integração da Síntese Granular ao domínio visual que, embora se diferenciem fundamentalmente de nossa pesquisa, demonstram os esforços que vem sendo realizado neste sentido. Uma destas pesquisas integra os domínios do som e da imagem por meio de um sistema de partículas [Callear 2011]. O usuário controla o sistema provendo dados para simulações feitas no sistema de

partículas. As informações resultantes da simulação são mapeadas paralelamente para o domínio sonoro e convertidas em grãos de som e para o domínio visual e convertidas em imagem. É possível notar uma forte presença do modelo nas obras resultantes e também um paralelismo constante entre os domínios do som e da imagem.

Em outro trabalho, o sistema “Kortex” é utilizado para performances audiovisuais [Batty et al 2013], [Batty 2014]. Trata-se de uma extensão visual da técnica conhecida como granulação, que consiste da fragmentação de um arquivo de áudio e da reorganização de seu conteúdo mantendo em grande parte a relação temporal. A granulação é apenas uma forma de organizar grãos de som dentre tantas outras utilizadas na Síntese Granular. Nestes trabalhos o conteúdo visual não explora a geração de texturas e os domínios do som e da imagem também mantêm-se constantemente paralelos.

### 3. Síntese Granular Audiovisual

Diante da motivação descrita anteriormente, demos continuidade pesquisa de um sistema para Síntese Granular em tempo real que ao mesmo permitisse explorar todo o espaço de possibilidades sonoras desta técnica sem utilizar modelos computacionais com parâmetros específicos e estranhos ao uso comum. Considerando o poder de processamento de um computador pessoal atual, verificamos a viabilidade de apresentar ao usuário um feedback visual que reproduzisse fielmente os processos em andamento na síntese granular de som tornando assim o sistema mais fácil e intuitivo de usar. Com o intuito também de permitir portabilidade para os diversos sistemas operacionais, desenvolvemos em JAVA dois sistemas modulares, o “*Granular Streamer*” e o “*Granular Drawer*”, que se comunicam por meio de mensagens *Open Sound Control* (OSC).

#### 3.1. O sistema “*Granular Streamer*”

O “*GranularStreammer*” realiza a Síntese Granular de som em tempo real e, por não estar vinculado a um modelo de alto nível, não apresenta restrições em seu espaço de possibilidades sonoras. Este sistema é organizado em um número configurável de fluxos granulares independentes. Para cada fluxo o usuário deve configurar os grãos de som escolhendo uma forma de onda e uma envoltória de amplitude dentre uma ampla biblioteca que inclui formas de onda como, por exemplo, senoidal, dentes de serra, quadrada, *wavetable*, entre outras, e envoltórias como, por exemplo, gaussiana, trapezoidal, exponencial, etc. O usuário também controla dinamicamente cada fluxo por parâmetros típicos da Síntese Granular tais como frequência, amplitude, duração dos grãos, posicionamento e densidade, através de uma interface com controles deslizantes (*sliders*) que podem ser facilmente associados à outros sistemas e dispositivos (controladores gestuais) habilitados a enviar mensagens OSC. Neste sistema, sempre que um grão é sintetizado e emitido pela placa de som, uma mensagem OSC contendo todos os parâmetros do grão é enviada para um endereço de rede configurado pelo usuário. Esta mensagem é identificada pelo nome “*/grain created*” e formada pelos parâmetros “identificador do fluxo”, “frequência do grão”, “duração do grão”, “amplitude do grão” e “posicionamento no campo estereofônico” (também conhecido como *pan*).

#### 3.2. O sistema “*Granular Drawer*”

O “*GranularDrawer*” é um sistema, ou melhor, é um conjunto de classes desenvolvidas em JAVA, utilizando as bibliotecas do *Processing* (<https://processing.org/>), que realiza

as tarefas de receber as mensagens “/grain\_created” enviadas pelo “*GranularStreamer*” e de desenhar em tempo real as representações visuais para os grãos de som. Na primeira aplicação que desenvolvemos com estas classes, os grãos de som foram representados por círculos desenhados na parte inferior da tela, e então deslocados lentamente para cima em um movimento conhecido como *scrolling*, desta forma representando o tempo no eixo vertical da visualização (Figura 1). Nomeamos estas representações visuais de “grãos de imagem”, estabelecendo um paralelo com os grãos de som e estabelecendo um mapeamento do domínio sonoro para o domínio visual, convertendo frequência em cor, duração em tamanho, amplitude em transparência e *pan* na posição horizontal do grão na tela.

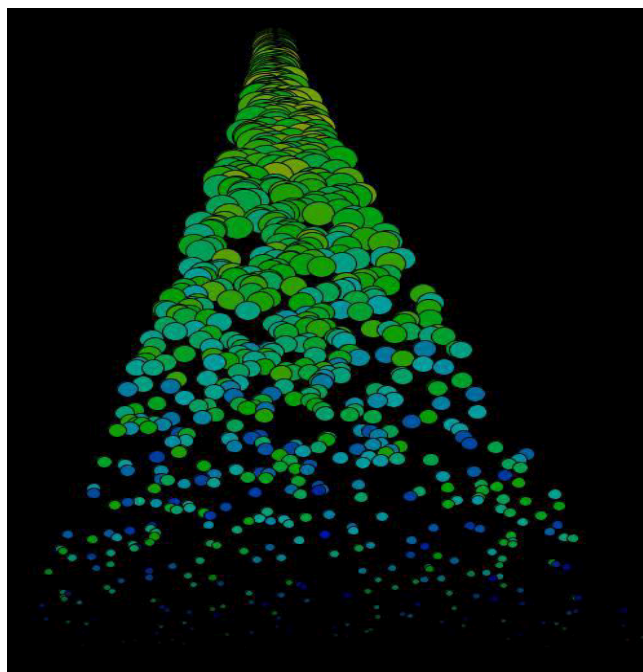


Figura 1. Primeira implementação da Síntese Granular Audiovisual.

### 2.3. Primeiros experimentos

Neste primeiro experimento, criamos um mapeamento de um para um entre os parâmetros do som e da imagem, o que permite uma análise visual bastante clara e direta do processo de transformação do material sonoro. Independente da escala de representação, podemos perceber que os grãos inicialmente ocupam uma posição central dentro do campo estereofônico, têm tamanho grande e frequências médias representadas por cores predominantemente verdes (parte superior da figura). Gradualmente, os grãos passam a ser espalhados por todo o campo sonoro, desde o extremo esquerdo até o direito, têm seu tamanho reduzido e frequências em registros mais altos, representadas por cores azuis (parte inferior da imagem).

Após realizarmos diversas demonstrações deste sistema pudemos fazer algumas observações. Em primeiro lugar, o *feedback* visual é de grande importância para o usuário, ou intérprete, que passa a controlar os parâmetros da Síntese Granular auxiliado não apenas pelo som emitido pelo sistema, mas também pela distribuição dos grãos de

imagem. Quanto à representação do tempo, o momento atual é o mais importante para ser exibido ao usuário, não havendo necessidade de acumular os eventos anteriores utilizando o recurso do *scroll*. Ainda, dentro de um processo granular específico, não haveria necessidade de representar visualmente os parâmetros que não são alterados. Por exemplo, se em um processo granular, a duração dos grãos de som é mantida constante, não há necessidade de representar visualmente esta informação. Isto poupa o usuário de excesso de informação focando a sua atenção em seu trabalho artístico. Finalmente, e mais importante, o feedback visual demonstrou um bom potencial para tornar-se parte da performance artística adicionando valor expressivo à obra.

#### 4. Música Visual Granular

Diante dos bons resultados obtidos com os primeiros experimentos em Síntese Granular Audiovisual, nossa pesquisa mudou ligeiramente de direção. Ao invés de procurar desenvolver um sistema que abarcasse todas as possibilidades sonoras da Síntese Granular provendo ao usuário um feedback visual único e abrangente, passamos a focalizar em casos específicos de criação artística nos quais som e imagem são gerados em tempo real.

Neste sentido, a área de pesquisa conhecida como Música Visual estuda uma forma de arte particular dentro de um grupo maior conhecido como Arte Audiovisual o qual inclui também o Filme Abstrato, Filme Experimental, Vídeo Arte, entre outras categorias. A arte audiovisual pode ser apresentada em diferentes configurações, desde vídeos em suporte fixo até performances ao vivo e instalações interativas, e é uma forma de arte na qual, com ajuda da tecnologia, a imagem em movimento acompanhada por som, é planejada, produzida, comentada e apreciada [Zielinski 1999]. A Música Visual, mais especificamente, localiza-se em uma zona fronteira entre os sentidos da visão e da audição, na qual imagem e som tendem a se fundir por meio de representações mutuamente abstratas. Historicamente, o termo “*Lumia*”, utilizado no Século XVIII, refere-se ao que hoje recebe o nome de Música Visual, isto é, uma forma de arte que permite ao artista visual “tocar imagens da forma como músicos tocam sons”. Seus elementos principais de expressividade no domínio visual são a cor, a forma e o movimento [Collopy 2000]. A Música Visual é um termo utilizado para descrever um amplo leque de práticas artísticas, espalhadas temporal e geograficamente, porém com a ideia comum de que as artes visuais podem aspirar as qualidades dinâmicas e não objetivas da música [Jones e Neville 2005].

Portando, se estamos utilizando grãos de som para a geração de sons, timbres e texturas, que por sua vez são organizados musicalmente, ao representar este material sonoro no domínio visual, utilizando grãos de imagem com certo conteúdo expressivo, estamos criando imagens e animações de natureza granular, isto é, Música Visual Granular.

##### 4.1. Correspondências entre som e imagem

Por se tratar de uma forma de arte na qual o som e a imagem estão intimamente relacionados, a criação de trabalhos de Música Visual frequentemente envolve discussões sobre possíveis correspondências entre os domínios sonoro e visual. Neste sentido, grandes esforços foram realizados para encontrar uma correspondência absoluta entre frequências sonoras e as cores. Porém, embora som e luz possam ser representados matematicamente por modelos ondulatórios ou de partículas, estes se tratam de

fenômenos físicos com propriedades bastante distintas, e não existe de fato uma correspondência física ou concreta para a conversão de som em imagem. [Edmonds 2004] ou, colocando de outra forma, a correspondência é arbitrária, dependente de modelos físicos, matemáticos ou de outras imaginações. No entanto, com o propósito de analisar os processos de criação de Música Visual que temos em mente, abaixo oferecemos uma classificação geral emprestada das teorias das possíveis correspondências.

Em contrapartida, seja qual for o modelo de criação de música visual, considerando o indivíduo e seus mecanismos de percepção ao invés de observar os fenômenos físicos da luz e do som, diversos experimentos realizados no Século XX demonstraram que a cor é um forte estímulo para a percepção do ambiente ao nosso redor podendo afetar o nosso ritmo cardíaco, a sensação de tempo, estimativas de tamanho, peso e temperatura de objetos e também a percepção da amplitude de som e de ruído, sendo que este último resultado indica fortemente uma relação cognitiva entre a percepção de som e imagem [Mahnke 1996]. Os modelos dos objetos do mundo real, construído em nossa cognição e armazenados em nossa memória, tem característica multissensorial, isto é, são modelos de objetos nos quais som, imagem, cheiro, sabor, temperatura, textura, entre outras qualidades, estão amalgamados e relacionados a outros objetos em diversas combinações interativas [Haverkamp 2009].

#### 4.2. Articulando grãos de som e de imagem

Foi demonstrado que quando um evento auditivo e um evento visual ocorrem dentro de um curto intervalo de tempo, a sensação será atribuída a um objeto multissensorial específico [Kohlrausch 2005]. Sendo assim, em intervalos de tempo pequenos, qualquer imagem ou efeito visual pode ser considerado um grão de imagem. A Música Visual faz uso deste fato para construção de segmentos complexos de uma obra. A Figura 2 apresenta a formalização do modelo que estamos utilizando para a criação de Música Visual Granular no qual, no domínio sonoro, temos como material básico grãos de som, e no domínio visual, grãos de imagem, e alguns possíveis tipos de correspondências entre estes grãos.

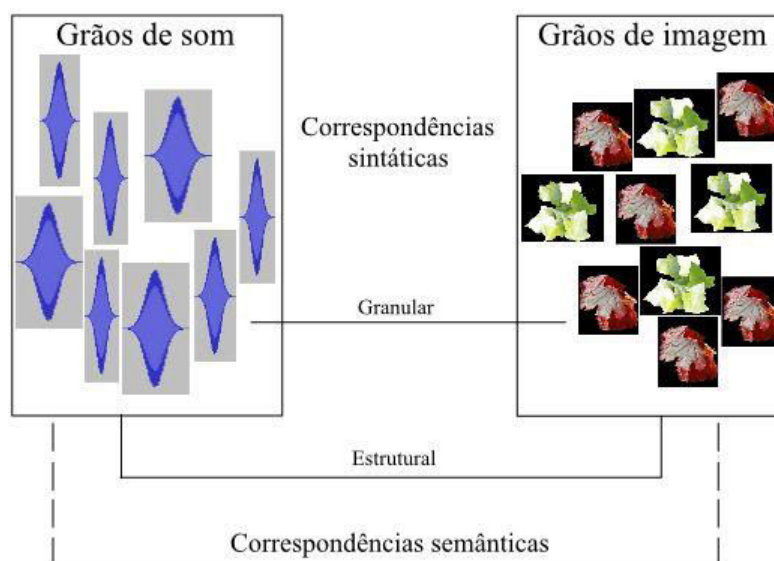


Figura 2. Material básico para criação de Música Visual Granular.

As Correspondências Sintáticas são criadas através de mapeamentos dos atributos próprios do material de um domínio no outro domínio. Podem ocorrer em dois níveis: no nível granular, quando são utilizados os parâmetros do grão, seja de som ou de imagem (envoltória, forma de onda, frequência, duração, amplitude, brilho, cor, forma, posição) ou no nível estrutural, quando o mapeamento é criado sobre parâmetros globais de um conjunto de grãos (quantidade de grãos, frequência média dos grãos, área de distribuição dos grãos, amplitude resultante dos grãos).

As Correspondências Semânticas associam o material audiovisual por meio de uma informação interpretada do som e da imagem por parte do compositor ou performer. Durante o processo criativo de uma obra de Música Visual Granular, em algum momento deverão ser definidos os tipos de grão de som utilizados, especificando suas envoltórias de amplitude, formas de onda e gravações de áudio. Também serão definidos os grãos de imagem diante de uma imensa possibilidade de formas abstratas, fragmentos de fotografias, vídeos, efeitos visuais, etc. Esta escolha pode definir uma Correspondência Semântica ao material, criando “relações gramaticais” de sinonímia, antonímia, metáfora e outras.

## 5. “Contrapontos”: um estudo de caso

“Contrapontos” é uma obra aberta em um processo constante de experimentos e melhorias. A partir de um material reduzido e fragmentado apresentamos contrastes que favorecem a reflexão sobre os sentidos da audição e da visão, o som e a imagem, o simultâneo e o defasado, o sintético e o amostrado, o puro e o ruidoso. Também se apoia poeticamente ( e semanticamente) em contrapontos sociais tais como a imensidão de uma metrópole e o confinamento dos espaços fechados, a liberdade e os padrões sociais e o caos e a ordem. Uma performance completa deste trabalho pode ser acessada pelo link [https://www.youtube.com/watch?v=HxgeCnO-y\\_E](https://www.youtube.com/watch?v=HxgeCnO-y_E).

Nesta obra, utilizamos os sistemas “*GranularStreamer*” e “*GranularDrawer*” controlados pela interface nanoKontrol2 fabricada pela Korg (<http://www.korg.com>). Em sua parte principal, este dispositivo possui oito conjuntos de controles, cada qual composto por um *slider*, um *knob* e três botões (Figura 3). Foram criados oito fluxos de grãos independentes e a cada um deles associamos um destes conjuntos para controlar certos parâmetros escolhidos da Síntese Granular Audiovisual.



Figura 3. Controlador nanoKontrol2 da Korg.

Esta obra está dividida em três grandes seções, A, B e C, cada qual com um material audiovisual específico explorando, respectivamente, os tipos de Correspondência Granular, Estrutural e Semântica, descritos em nosso modelo da Música Visual Granular. Ao longo de sua execução, o performer pode ir e voltar a cada uma das



seções, rerepresentando e retrabalhando o seu material característico, de forma que ao término da obra, a distribuição do tempo dispendido em cada seção seja aproximadamente o mesmo.

### 5.1. Contrapontos granulares

Na seção A, foram utilizados os três primeiros conjuntos de botões, 1, 2 e 3, associados a três fluxos de grãos audiovisuais. No domínio sonoro, utilizamos formas de onda senoidais e quadradas e envoltórias gaussianas e exponenciais, ou seja, utilizamos o som puro e sintetizado como material sonoro básico. Para cada grão de som emitido por estes fluxos, será criado também um grão de imagem equivalente, representado por um quadrado de cores cheias e com bordas pretas, em uma relação de um para um entre o som e a imagem (Figura 4). Embora visualmente esta peça faça referência à estética da obra de Piet Mondrian, a escolha deste material audiovisual se apoia em uma relação semântica que estabelecemos entre grãos de som e imagem quanto à simplicidade e a artificialidade do som e da forma. Nesta seção, os grãos de som e de imagem podem ser articulados simultaneamente ou independentemente, ou seja, podemos ter grãos de som sem que exista um correspondente visual e vice-versa, ou com certa defasagem entre um e outro. Desta forma, evitamos o paralelismo constante entre os domínios que passam a se complementar como se fossem duas vozes independentes de um contraponto musical.

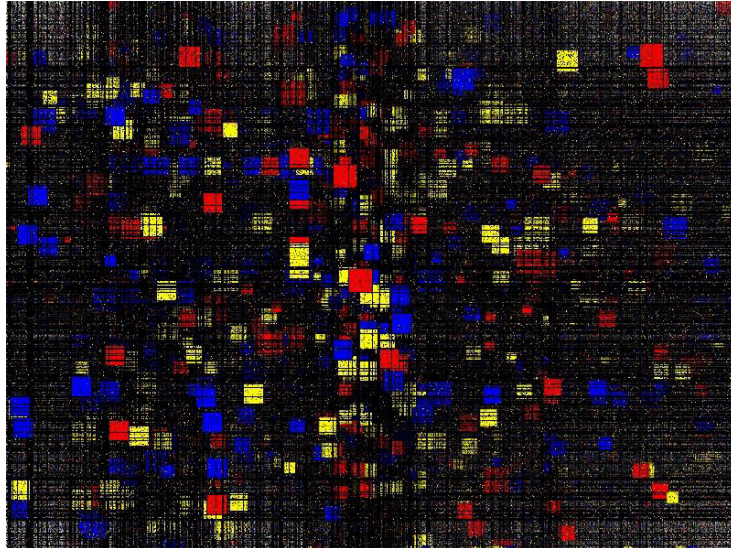


Figura 4. Correspondência Granular na Seção A de *Contrapontos*.

### 5.2. Contrapontos estruturais

Na seção B, utilizamos dois fluxos de grãos de som cuja forma de onda é o ruído branco, associados aos conjuntos 4 e 5 de controles do nanoKontrol2. Visualmente, estes grãos sonoros são representados por um efeito global que embaralha certa quantidade de pixels proporcional à quantidade de grãos de som, porém não em uma relação biunívoca de um pixel para cada grão de som. Desta forma, estabelecemos uma correspondência mais flexível entre os domínios a qual denominamos Correspondência Estrutural (Figura 5).

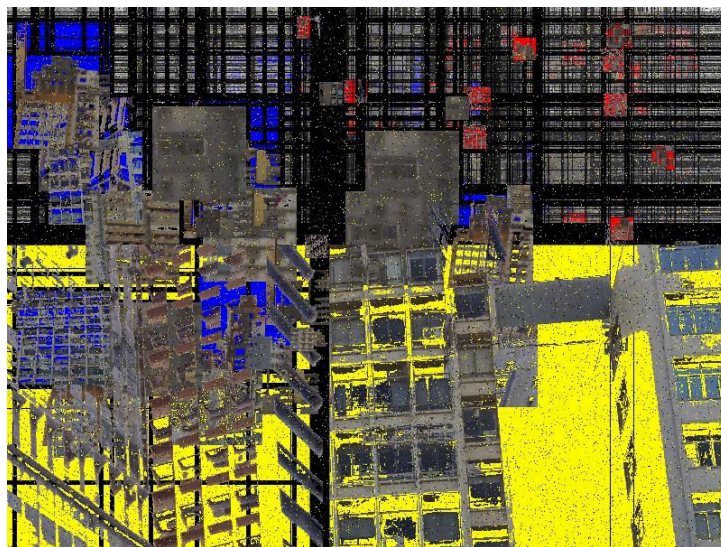
Nesta seção, são explorados objetos audiovisuais que consistem em uma grande quantidade de grãos emitidos por segundo (alta densidade) que são percebidos como texturas.



**Figura 5. Correspondência Estrutural na Música Visual Granular.**

### 5.3. Contrapontos semânticos

Por fim, na seção C, utilizamos grãos de som cuja forma de onda é obtida a partir de gravações do som das ruas e do tráfego da cidade de São Paulo no turbulento horário de pico. Utilizamos três fluxos sonoros associados aos conjuntos 6, 7 e 8 do controlador. Para estabelecer uma relação semântica entre este material sonoro e o material visual, escolhemos utilizar imagens de prédios da cidade, criando um contraponto entre a imensidão da metrópole e o espaço confinado entre construções ou dentro de veículos.



**Figura 6. Correspondência Semântica entre som amostrado e fotografias.**

## 6. Conclusão

Neste trabalho descrevemos, sucintamente, nossa pesquisa atual que envolve o desenvolvimento de um sistema audiovisual para criação de obras artísticas que utilizam como material básico grãos de som e de imagem.

Inicialmente, apresentamos uma breve história da Síntese Granular e de seu frequente desafio de automatizar os processos de organização dos grãos e ao mesmo tempo manter a flexibilidade de possibilidades sonoras desta técnica. Durante duas décadas de pesquisa, foram propostos diversos modelos computacionais de alto-nível, cada qual com suas características específicas.

Em seguida introduzimos a Música Visual, que não se trata de um modelo computacional, mas de uma área estética dentro das artes audiovisuais, e detalhamos como foi possível criar um sistema para Síntese Granular no qual o feedback visual se apresenta como auxílio no controle em tempo real da síntese ao mesmo tempo em que adiciona valor expressivo à obra.

Com a criação da obra “Contrapontos”, um estudo de caso em Síntese Granular Audiovisual, validamos a aplicabilidade tanto do modelo formal que denominamos Música Visual Granular quanto dos sistemas “*GranularStreamer*” e “*GranularDrawer*”, na produção de arte.

Nas últimas décadas, correlações audiovisuais em tempo real foram tratadas por diversos pesquisadores e artistas, ainda assim a questão permanece em aberto. Com este trabalho foi proposto um modelo integrado de correlação sintática e semântica entre objetos visuais e de áudio. Novas formas de interpretar estas correlações entre som e imagem trazem contribuições para a área de Computação Musical, seja na elaboração de sistemas para produção de som e imagem ou mesmo no projeto de interfaces gráficas alternativas.

## Referências

- Batty, J., Horn, K., Greuter, S. (2013) “Audiovisual granular synthesis: micro relationships between sound and image”, Proceedings of The 9th Australasian Conference on Interactive Entertainment: Matters of Life and Death, Melbourne.
- Batty, J. (2014) “Audiovisual granular synthesis: creating synergistic relationships between sound and image”, Doctor of Philosophy (PhD), Media and Communication, RMIT University.
- Callear, S. (2011) “Audiovisual Particles: Parameter Mapping as a Framework for Audiovisual Composition”, Doctor of Philosophy (Ph.D.), Music and Performing Arts, Bath Spa University.
- Collopy, F. (2000) "Color, Form and Motion: Dimensions of a Musical Art of Light", Leonardo, Vol.33, No.5, pp.355-360.
- DiScipio, A. (1990) "Composition by Exploration of Nonlinear Dynamical Systems", Proceedings of the 1990 International Computer Music Conference. San Francisco: International Computer Music Association, pp.324-327.
- Edmonds, E. A., Martin, A. e Pauletto, S. (2004) "Audiovisual Interfaces in Digital Art", ACE 2004, Singapura.

- Gabor, D. (1947) "Acoustical Quanta and The Theory of the Hearing", *Nature* 159. pp.591-594.
- Haverkamp, M. (2009) "Look at that Sound: Visual Aspects of Auditory Perception", III Congresso Internacional de Sinestesia, Ciencia y Arte, Granada.
- Jones, R. e Nevile, B. (2005) "Creating Visual Music in Jitter: Approaches and Techniques", *Computer Music Journal*, Vol.29, No.4, pp.55-70.
- Kohlrausch, A. e Van de Par, S. (2005) "Audiovisual Interaction in the Context of Multi-Media Applications", In: *Communication Acoustics* edited by Blauert, J. Springer, Berlin, Heidelberg, pp.109-138.
- Maia, A. e Miranda, E.R. (2005) "Granular synthesis of sound through Markov chains with fuzzy control", *Annals of the International Computer Music Conference (ICMC)*. Barcelona.
- Mahnke, F. H. (1996) "Color, Environment and Human Response", John Wiley and Sons Inc., pp.71-77.
- Roads, C. (2001) "Microsound", Cambridge: MIT Press.
- Souza, F. F. e Maia JR., A. (2009) "Evolutive Processes for Granular Synthesis in Extended Gabor Space", *Anais do 7o Congresso de Engenharia de Audio - AES Brasil: São Paulo*.
- Stockhausen, K. (1957) "...How time passes....", *Die Reihe* vol.3. Vienna: Universal Edition.
- Truax, B. (1988) "Real-time Granular Synthesis with Digital Signal Processing Computer", *Computer Music Journal* 12(2). pp.14-16.
- Valle, A. e Lombardo, V. (2003) "A two-level method to control granular synthesis", *Proceedings of the XIV colloquium on musical informatics*. Firenze.
- Xenakis, I. (1971) "Formalized Music: Thought and Mathematics in Composition", Hillsdale: Pendragon Press.
- Zielinsky, S. (1999) "Audiovisions: Cinema and Television as Entr'acts in History", Trad. Gloria Custance, Amsterdam University.